



殷学杰, 梁世优, 王成盼, 李婷, 莫建初. 白蚁纤维素粉饵料成型技术研究 [J]. 环境昆虫学报, 2020, 42 (2): 499 - 505.

白蚁纤维素粉饵料成型技术研究

殷学杰¹, 梁世优¹, 王成盼¹, 李婷², 莫建初^{1*}

(1. 浙江大学昆虫科学研究所农业部农业昆虫学重点实验室, 杭州 310058; 2. 浙江省象山县农业农村局, 浙江宁波 315700)

摘要: 为研究白蚁饵料成型工艺, 比较了9种胶黏剂对白蚁纤维素饵料成型效果、耐水性能以及对白蚁取食的影响。结果表明: 20%、40% 剂量糊精; 50%、100% 剂量三聚氰胺甲醛树脂, 10%、20%、40% 田菁胶、卡拉胶、壳聚糖、明胶; 10%、50%、100% 聚乙烯醇、硅酸钠对微晶纤维素的成型效果较好, 经上述剂量胶黏剂处理后, 纤维素饵块的邵氏硬度 (HD) 极显著高于对照。耐水性能试验至第30天时, 50% 聚乙烯醇、100% 聚乙烯醇、100% 三聚氰胺甲醛树脂处理的纤维素饵块的溃散程度指数分别为 1.33、1.00、2.00, 其余饵块的溃散程度指数均达3级。生测结果显示, 在7d的室内强迫取食试验中, 白蚁对50% 聚乙烯醇、100% 聚乙烯醇、100% 三聚氰胺甲醛树脂处理的块状纤维素饵料的取食率均极显著低于对照, 说明饵料中添加的上述胶黏剂对白蚁的取食具有一定的影响。综上, 50% 聚乙烯醇、100% 聚乙烯醇、100% 三聚氰胺甲醛树脂适用于白蚁纤维素饵料成型, 但若想获得白蚁喜食的饵料仍需对配方做进一步的优化。

关键词: 白蚁防治; 白蚁监测控制技术; 白蚁饵料; 纤维素; 胶黏剂

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2020) 02-0499-07

Study on the shaping technology of termite cellulose bait

YIN Xue-Jie¹, LIANG Shi-You¹, WANG Cheng-Pan¹, LI Ting², MO Jian-Chu^{1*} (1. Ministry of Agriculture Key Laboratory of Agricultural Entomology, Institute of Insect Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China; 2. Xiangshan Agricultural and Rural Bureau, Ningbo 315700, Zhejiang Province, China)

Abstract: Effects of 9 adhesives on the shaping, water resistance of termite cellulose bait and feeding of termites were compared in order to explore the shaping technology of termite bait. The results showed that 20% or 40% of dextrin, 50% or 100% of melamine formaldehyde resin, 10% or 20% and 40% of sesbania gum, carrageenan, chitosan, gelatin; 10% or 50% and 100% of polyvinyl alcohol and sodium silicate had better performance on shaping effect of microcrystalline cellulose. The shore hardness of cellulose block bait was significantly higher than the control after treatment with these adhesives. The results of water resistance test showed that the grade index of collapse of the cellulose block baits which were treated with 50% polyvinyl alcohol, 100% polyvinyl alcohol and 100% melamine formaldehyde resin were 1.33, 1.00 and 2.00 after 30 d, respectively, but other block baits all reached grade index 3. However, the results of bioassay showed that the consumption rate of cellulose block bait was significantly lower than the control after treatment with 50% or 100% polyvinyl alcohol and 100% melamine formaldehyde resin in 7 d's no-choice feeding test under laboratory conditions. It indicated that these

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (31770686)

作者简介: 殷学杰, 1994年生, 男, 浙江宁波人, 硕士研究生, 主要从事城市昆虫学研究, E-mail: xjyin@zju.edu.cn

* 通讯作者 Author for correspondence: 莫建初, 博士, 教授, 主要研究方向为城市昆虫学, E-mail: mojianchu@zju.edu.cn

收稿日期 Received: 2019-03-22; 接受日期 Accepted: 2019-05-20

adhesives which were added into the block bait had a certain influence on the feeding of termites. In summary, 50% or 100% polyvinyl alcohol and 100% melamine formaldehyde resin are suitable for the shaping technology of termite cellulose bait, but further optimization of the formula of block bait is needed to obtain a kind of termite-liked block bait.

Key words: Termite control; termite monitoring and control technology; termite bait; cellulose; adhesive

白蚁是世界上最古老的社会性昆虫, 严重危害房屋建筑、水库堤坝和园林树木等 (程冬保和杨兆芬, 2014), 使用化学手段控制白蚁种群是减少白蚁危害的有效手段。随着灭蚁灵、氯丹等有机氯类灭白蚁剂的禁用, 白蚁防治逐渐从以化学防治为主向以白蚁监测控制技术为核心的害虫综合治理转变 (林雁, 2015)。白蚁监测控制系统通常由监测装置、饵料、饵剂等部分组成, 饵料在其中起着监测和诱集白蚁以及药剂载体的作用, 饵料的质量直接关系到白蚁监测和防治的效果。目前, 国内白蚁监测控制产品大多以马尾松木作为饵料, 但不同种类白蚁的取食偏好性各异, 单一饵木对某些种类的白蚁诱集效果有限 (胡寅等, 2018)。已有研究表明, 纤维素饵料适口性好、诱食效果广谱、不易霉变, 适用于长期的白蚁监测控制 (曹婷婷等, 2018)。同时, 纤维素还具有价格低廉、易工业化生产、在自然界中含量丰富等优点, 作为白蚁饵料其应用前景十分广阔。

目前, 市场上应用的白蚁监测控制装置种类虽然较多, 但主要使用马尾松木块作为饵料, 如果在白蚁危害地区全面推广应用监测控制技术防治白蚁, 势必会消耗大量的马尾松木材。近年来, 我国的环境保护日益受到人们的重视, 大量消耗马尾松木材来防治白蚁显然是不现实的。因此, 有必要研发替代马尾松木块的白蚁饵料。前期研究显示, 纤维素粉对白蚁具有良好的适口性。但是, 粉状材料难以盛在镂空的监测装置内。所以有必要以纤维素粉为主要原料, 研发粉状饵料的成型工艺, 进而替代马尾松木块作为白蚁监测控制系统的饵料。显然, 开展纤维素饵料的标准化生产技术研究, 对促进白蚁监测控制技术的推广应用无疑具有十分重要的意义。

粉状饵料成型可通过在饵料中加入合适的胶黏剂来实现。市场上胶黏剂的种类十分丰富, 在食品加工、木材工业等许多领域均有广泛应用。本研究比较了常见的 9 种胶黏剂对微晶纤维素成型效果和成型后块状饵料耐水性能的影响, 同时探究了胶黏剂处理对白蚁取食的影响。

1 材料与方法

1.1 供试材料

胶黏剂: 熟糯米粉、卡拉胶、明胶 (市售); 糊精、硅酸钠 (河南铂润铸造材料有限公司生产); 田菁胶 (河南美罗实业有限公司生产); 壳聚糖 (山东陆海蓝圣生物科技股份有限公司生产); 三聚氰胺甲醛树脂 (广州原野实业有限公司生产)、聚乙烯醇 (PVA) 24-88 型合成胶 (河北晴俊纤维素厂)。

饵料成分: 微晶纤维素粉 (浙江中维药业有限公司生产)。

1.2 供试仪器

恒温干燥箱、电子天平、分析天平、A 型邵氏硬度计、D 型邵氏硬度计、压力机、搅拌机、干燥器、78 mm × 78 mm × 40 mm 方形模具、φ 85 mm 塑料培养皿、塑料盆等。

1.3 供试白蚁

本研究所用白蚁为台湾乳白蚁 *Coptotermes formosanus*。在杭州 (浙江, 中国) 老和山上, 将有台湾乳白蚁活跃种群寄生的断木带回。在实验室环境下适应一周后, 小心地将树木剥离, 收集栖息其中的台湾乳白蚁并饲养于底部铺有湿润沙子的塑料盆中。白蚁在试验前至少在实验室环境下 (温度 $26 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $70\% \pm 5\%$) 适应 7 d, 试验时选取活跃的大小基本一致的白蚁个体。

1.4 供试纤维素饵块制作

胶黏剂均按 3 种剂量处理 10 g 微晶纤维素粉。熟糯米粉 (1 g、2 g、4 g) 按 1:5 的质量比加入蒸馏水充分搅拌后成胶; 卡拉胶可溶于热水中形成具有粘性的溶液, 故将其按剂量从低到高 (1 g、2 g、4 g) 分别溶于 80°C 的 0.5 mL、1 mL、2 mL 蒸馏水, 充分搅拌制成胶液备用; 明胶不溶于冷水, 但可在冷水中吸水膨胀, 在使用时通常先将其浸于水中, 待其充分吸水后再加热形成胶液, 试验中, 将 1 g、2 g、4 g 明胶分别置于装有 10 mL、20 mL、30 mL 蒸馏水的烧杯中浸泡 1 h,

然后通过 75℃ 水浴加热使其溶解成淡黄色胶液; 硅酸钠 (1 g、5 g、10 g) 按照与水 2:3 的质量比充分溶于 40℃ 蒸馏水中备用; 聚乙烯醇 (1 g、5 g、10 g) 与 20 mL 蒸馏水混合后搅拌至粘稠状备用; 三聚氰胺甲醛树脂 (1 g、5 g、10 g) 充分溶于 50℃ 同质量蒸馏水后备用; 糊精、田菁胶、壳聚糖 (1 g、2 g、4 g) 因吸水效果好, 直接与微晶纤维素混匀后加入适量水润湿即可产生粘性。

将所制胶液 (糊精、田菁胶、壳聚糖为粉末) 与 10 g 微晶纤维素粉混合后充分搅拌, 然后将混合物倒入 78 mm × 78 mm × 40 mm 方形模具中, 压制、烘干后于干燥器中静置 24 h。未经胶黏剂处理的微晶纤维素粉用少量蒸馏水润湿后压制成块作为对照。

1.5 9 种胶黏剂对微晶纤维素粉成型效果的影响

考虑到硬度较低的块状饵料在应用时容易出现破损, 可能造成资源浪费甚至影响使用效果。因此, 试验中以所制饵块的外观完整度和硬度来评价成型效果的优劣。本试验使用邵氏 A 型、D 型硬度计测试样品硬度, 硬度测试在实验室环境 (23 ± 2℃) 下进行, 具体操作参考 GB/T 2411-2008, 读数在压足与试样完全接触 1 s 内完成。用 D 型邵氏硬度计测量时, 若试验结果低于 20 HD 则改用 A 型; 使用 A 型硬度计测量时, 若试验结果高于 90 HA 则改用 D 型。

1.6 胶黏剂对块状纤维素饵料耐水性能的影响

将胶黏剂处理的饵块放入底面直径 20 cm、内盛有约 5 cm 深的水的塑料盆中, 观察饵块在水中浸泡 30 d 后的溃散情况, 并以溃散程度指数来评价饵块的耐水性能。本试验从外观上将饵块的溃散程度评定为 4 个等级: 0 级, 饵块完整无掉屑; 1 级, 饵块边缘出现轻微掉屑, 塑料盆底出现少量白色絮状物; 2 级, 饵块出现明显掉屑, 但仍保持原有体积的 1/2 以上; 3 级, 饵块完全溃散。试验过程中每天定时观察并对溃散程度进行记录。试验重复 3 次, 连续观察 30 d。以未经胶黏剂处理的饵块作为对照。

1.7 胶黏剂对台湾乳白蚁取食块状纤维素饵料的影响

将胶黏剂与微晶纤维素混匀后, 取适量压制成直径约 20 mm, 厚约 2 mm 的圆柱形块状饵料, 60℃ 烘至恒重后记录重量。

取一定量河沙过 40 目筛, 用水和乙醇分别洗

涂后置于 105℃ 恒温干燥箱中保持 24 h, 以消除生物测定过程中河沙中有机物质、微生物活动对白蚁取食的影响。

取 10 g 上述河沙铺于直径 85 mm 的塑料培养皿底部, 轻轻晃动皿沿, 让沙粒平整, 在平整的沙粒上滴加 2 mL 蒸馏水使其充分湿润, 然后将圆柱状纤维素饵料置于塑料培养皿中央, 投入活跃的台湾乳白蚁工蚁 50 头及兵蚁 1 头。将培养皿置于温度 26 ± 1℃、相对湿度 80% ± 5% 的黑暗环境中, 保持 7 d。7 d 内, 每隔 24 h 观察白蚁取食情况并将死亡的白蚁取出, 统计存活率 [存活率 (%) = 白蚁存活头数 / 总头数 × 100]。7 d 后, 回收剩余的饵料, 清洁处理后于烘箱内烘干, 取出后立即用分析天平称重。记录每个处理的重量, 并计算被食率。试验重复 3 次。以未经胶黏剂处理的饵块作为对照。

1.8 统计学处理

应用 DPS 软件对试验结果进行方差分析, 并用 LSD 法进行差异显著性分析, 1% 极显著性水平下用字母标记表示结果。采用 Microsoft Office Excel 2016 作图。

2 结果与分析

2.1 9 种胶黏剂对微晶纤维素的成型效果比较

9 种胶黏剂处理后微晶纤维素的成型情况、邵氏硬度 (HD) 值如表 1 所示。试验结果表明, 经压制后, 纤维素粉均呈完整的块状, 移动时无粉末散落, 成型效果良好。其中, 熟糯米粉各供试剂量、10% 糊精、10% 三聚氰胺甲醛树脂处理的纤维素饵块在硬度上与对照比较, 差异无统计学意义, 说明这些剂量胶黏剂对纤维素粉成型无显著促进作用。其它胶黏剂处理的纤维素粉块的邵氏硬度 (HD) 值均极显著高于对照。所有处理中, 100% 硅酸钠 - 纤维素粉块的硬度最高。

综合来看, 20%、40% 剂量糊精; 50%、100% 剂量三聚氰胺甲醛树脂, 10%、20%、40% 田菁胶、卡拉胶、壳聚糖、明胶; 10%、50%、100% 聚乙烯醇、硅酸钠对微晶纤维素粉成型具有显著促进作用。由于白蚁喜食密度较低和硬度较小的木材, 故试验中不以样品的硬度值大小作为唯一的评价标准。

表 1 9 种胶黏剂对微晶纤维素的成型效果比较
 Table 1 Effect of 9 kinds of adhesives on the shaping of microcrystalline cellulose

处理 Treatment	剂量 (%) ^a Dose	是否成块 ^b Shaping or not	D 型邵氏硬度值 (HD) ^c Shore D
对照 CK		+	12.61 ± 0.58 l
熟糯米粉 Cooked glutinous rice powder	10	+	14.34 ± 0.65 l
	20	+	15.59 ± 0.50 l
	40	+	13.66 ± 0.73 l
糊精 Dextrin	10	+	18.40 ± 0.80 kl
	20	+	26.63 ± 2.39 j
	40	+	43.70 ± 0.70 efg
田菁胶 Sesbania gum	10	+	36.40 ± 1.83 hi
	20	+	43.93 ± 1.56 ef
	40	+	46.80 ± 0.86 def
卡拉胶 Carrageenan	10	+	24.33 ± 0.52 jk
	20	+	22.63 ± 0.56 jk
	40	+	39.97 ± 2.02 fghi
壳聚糖 Chitosan	10	+	40.53 ± 1.89 fghi
	20	+	51.17 ± 1.28 cd
	40	+	50.37 ± 1.36 cde
明胶 Gelatin	10	+	25.67 ± 0.96 j
	20	+	36.10 ± 0.86 i
	40	+	43.07 ± 1.17 fgh
聚乙烯醇 Polyvinyl alcohol (PVA)	10	+	28.97 ± 3.62 j
	50	+	54.17 ± 4.89 bc
	100	+	58.20 ± 2.75 b
硅酸钠 Sodium silicate	10	+	37.00 ± 2.62 ghi
	50	+	44.80 ± 0.76 def
	100	+	75.07 ± 1.27 a
三聚氰胺甲醛树脂 Melamine formaldehyde resin (MF)	10	+	17.53 ± 1.23 kl
	50	+	23.00 ± 1.11 jk
	100	+	50.90 ± 2.49 cd

注: ^a剂量 = 胶黏剂的有效成分重量/微晶纤维素的干重 × 100%; ^b成块指纤维素呈完整块状、在移动时无粉末脱落, “+”表示成块 “-”表示未成块; ^c列中数据为平均值 ± 标准误 (n = 3), 数字后标有相同字母表示经 LSD 法检验在 1% 极显著水平上无差异。Note: ^aDose of adhesive = weight of active ingredient of adhesive/dry weight of microcrystalline cellulose × 100%. ^bShaping means that the cellulose became a complete square block and no powders fell off while moving it. “+” indicates shaping successfully “-” indicates failure. ^cData in the column are Mean ± SE (n = 3), and Means with the same letter are not significantly different from each other (P = 0.01).

2.2 胶黏压制成型的纤维素饵块的耐水性能比较 饵块在试验过程中的第 5、10、15、20、25、

30 天时的溃散情况如图 1 所示。试验结果表明, 试验后第 5 天, 对照的溃散程度便已达到 3 级,

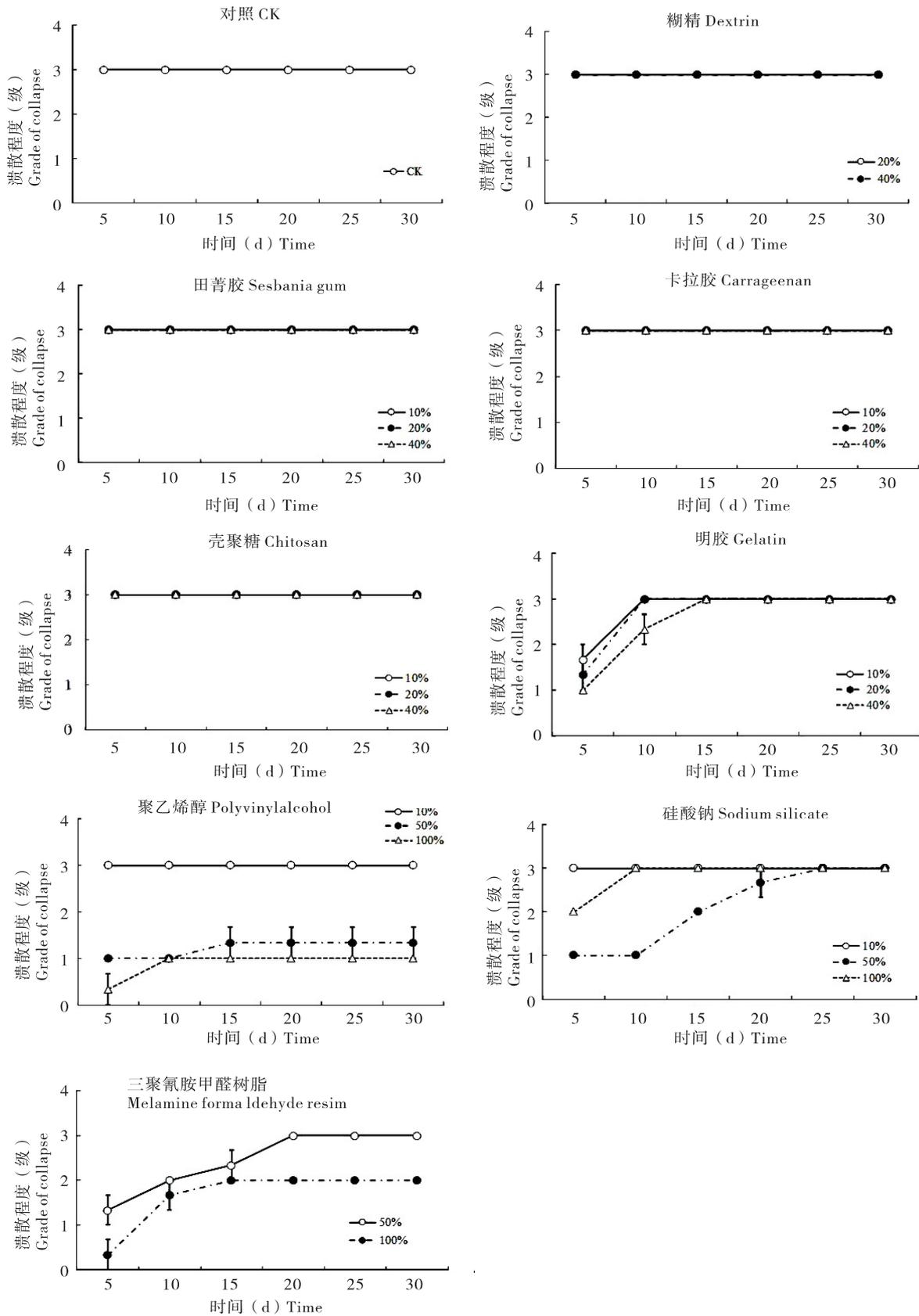


图 1 胶黏剂对块状纤维素饵料耐水性能的影响

Fig. 1 Effect of tested adhesives on the water resistance of cellulose block baits

10% 聚乙烯醇、10% 硅酸钠、供试剂量糊精、田菁胶、卡拉胶、壳聚糖处理的饵块同样达到 3 级溃散, 与对照比较差异无统计学意义; 明胶各供试剂量、50% 聚乙烯醇、100% 聚乙烯醇、50% 硅酸钠、100% 硅酸钠、50% 三聚氰胺甲醛树脂、100% 三聚氰胺甲醛树脂处理的饵块的溃散程度均显著低于对照; 试验后第 10 天, 10% 明胶、20% 明胶、100% 硅酸钠处理的饵块溃散程度达到 3 级, 40% 明胶、50% 聚乙烯醇、100% 聚乙烯醇、50% 硅酸钠、50% 三聚氰胺甲醛树脂、100% 三聚氰胺甲醛树脂处理的饵块的溃散程度仍显著低于对照; 40% 明胶、50% 三聚氰胺甲醛树脂、50% 硅酸钠处理的饵块分别在试验第 15 天、20 天、25 天达到 3 级溃散; 试验第 30 天时, 50% 聚乙烯醇、100% 聚乙烯醇、100% 三聚氰胺甲醛树脂处理的饵块仅出现一定程度的掉屑, 溃散程度与对照比较, 差

异有统计学意义, 三者中, 100% 聚乙烯醇的溃散程度最低。因此, 用 50% 聚乙烯醇、100% 聚乙烯醇、100% 三聚氰胺甲醛树脂分别加工的块状纤维素饵料做下一步的生物测定试验。

2.3 胶黏剂对台湾乳白蚁取食块状纤维素饵料的影响

经 50% 聚乙烯醇、100% 聚乙烯醇、100% 三聚氰胺甲醛树脂处理的块状纤维素饵料在实验室条件下被台湾乳白蚁强迫取食 7 d 后的被食率以及供试白蚁的存活率如表 2 所示。试验结果表明, 经胶黏剂处理的纤维素饵料的被食率与对照比较, 差异均存在统计学意义, 说明胶黏剂处理对纤维素饵料的适口性造成了一定影响。此外, 存活率的试验结果表明, 在 7 d 内, 取食胶黏剂处理的纤维素饵料未对台湾乳白蚁产生显著的致死效果。所有处理在 7 d 的室内试验中均未出现霉变。

表 2 胶黏剂对台湾乳白蚁取食的影响

Table 2 Effect of adhesives on the feeding of *Coptotermes formosanus*

处理 Treatment	剂量 (%) Dose	被食率 (%) ^a Consumption rate	存活率 (%) ^a Survival rate
对照 CK		14.34 ± 3.83 a	99.35 ± 0.65 a
三聚氰胺甲醛树脂 Melamine formaldehyde resin (MF)	100	2.81 ± 0.05 b	97.39 ± 0.65 a
聚乙烯醇	50	2.82 ± 0.19 b	99.35 ± 0.65 a
Polyvinyl alcohol (PVA)	100	4.67 ± 0.78 b	98.04 ± 0.00 a

注: ^a列中数据为平均值 ± 标准误 (n=3), 数字后标有相同字母表示经 LSD 法检验在 1% 极显著水平上无差异。Note: ^aData in the column are Mean ± SE (n=3), and means with the same letter are not significantly different from each other (P=0.01).

3 结论与讨论

9 种胶黏剂对微晶纤维素粉的成型效果比较结果表明, 除各剂量熟糯米粉、10% 糊精、10% 三聚氰胺甲醛树脂外, 其它种类和剂量的胶黏剂对纤维素饵料成型均具有显著促进作用。耐水性能测试结果表明, 经 50% 聚乙烯醇、100% 聚乙烯醇、100% 三聚氰胺甲醛树脂处理的纤维素饵料可在水中保持 30 d 不完全溃散, 说明这些剂量胶黏剂显著提高了压制的块状纤维素饵料在高湿环境中的稳定性。取食试验结果表明, 50% 聚乙烯醇、100% 聚乙烯醇、100% 三聚氰胺甲醛树脂不会造成台湾乳白蚁拒食块状纤维素饵料, 也无致死作用, 不过会影响纤维素饵料对白蚁的适口性, 导

致饵料被白蚁取食的比率显著低于对照。因此, 50% 聚乙烯醇、100% 聚乙烯醇、100% 三聚氰胺甲醛树脂具有作为微晶纤维素成型胶黏剂的潜力, 但要投入实际应用仍需对所制饵块被白蚁取食的偏好性进行改进和优化。

硬度试验的结果表明, 块状纤维素的邵氏硬度 (HD) 与胶黏剂的添加剂量有关, 随着胶黏剂用量的增加硬度基本呈上升趋势。糊精、壳聚糖、卡拉胶、明胶等广泛应用于食品工业的胶黏剂耐水性能比较一般。其原因可能在于这些胶黏剂为亲水胶体、水溶胶, 能溶解或分散于水中, 通过分子中的羧基、羟基、羧酸根等亲水基团与水分子发生水化作用来产生黏性 (张献伟等, 2011)。水化作用形成的结构可能在重新遇水后无法保持稳定, 导致这些胶黏剂处理的块状纤维素的耐水

性能不佳。

取食试验的结果表明,胶黏剂的加入对纤维素饵料被白蚁取食的适口性产生了影响。其中,三聚氰胺甲醛树脂影响白蚁取食的原因可能在于甲醛类胶黏剂在使用后会释放出少量甲醛,进而影响了白蚁的部分行为。

国内外的白蚁防治工作者们针对如何提升饵料被白蚁取食的偏好性问题已开展了大量研究。已有研究表明,在食物中加入糖类、氨基酸、诱食信息素等物质能促进白蚁取食,如3%葡萄糖可显著提高滤纸对家白蚁 *Coptotermes curvignathus* 的适口性和引诱性,格斯特乳白蚁 *Coptotermes gestroi* 则偏好3%木糖处理的滤纸,3%酪蛋白对上述两种白蚁均有明显引诱和取食刺激作用 (Castillo *et al.*, 2013); 加入10%白砂糖可显著提高小米粉对黑翅土白蚁 *Odontotermes formosanus* 的诱食效果 (黄求应等, 2005); 果糖、半乳糖、葡萄糖、蔗糖、尿酸等物质能引诱散白蚁属取食 (Swoboda *et al.*, 2004)。此外,真菌腐朽可提高白蚁对木质纤维素材料的取食偏好性。密粘褶菌侵染的木材和纤维素材料对台湾乳白蚁、黄胸散白蚁 *Reticulitermes flaviceps*、黑翅土白蚁等多种白蚁均具有引诱效果 (Cornelius *et al.*, 2002; 丁芳等, 2015); 红芝、茯苓等木腐菌同样可提高木屑对台湾乳白蚁的诱食效果 (李秋剑等, 2007)。结合前人的研究成果,在接下来的研究中,可在块状纤维素饵料中添加适宜的取食促进物质,提升其被白蚁取食的偏好性,以期开发出具有良好适口性和诱食效果的白蚁块状纤维素饵料产品。

参考文献 (References)

Cao TT, Hou SP, Yuan XD, *et al.* Trapping termites with cellulose bait [J]. *Journal of Zhejiang A & F University*, 2018, 35 (1): 178 - 182. [曹婷婷, 侯守鹏, 袁晓栋, 等. 纤维素饵料对白蚁的诱杀效果 [J]. 浙江农林大学学报, 2018, 35 (1): 178 - 182]

Castillo VP, Sajap AS, Sahri MH. Feeding response of subterranean termites *Coptotermes curvignathus* and *Coptotermes gestroi*

(Blattodea: Rhinotermitidae) to baits supplemented with sugars, amino acids, and cassava [J]. *J. Econ. Entomol.*, 2013, 106 (4): 1794 - 1801.

Cheng DB, Yang ZF. Termitology [M]. Beijing: Science Press, 2014. [程冬保, 杨兆芬. 白蚁学 [M]. 北京: 科学出版社, 2014]

Cornelius ML, Daigle DJ, Connick WJ, *et al.* Responses of *Coptotermes formosanus* and *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae) to three types of wood rot fungi cultured on different substrates [J]. *J. Econ. Entomol.*, 2002, 95 (1): 121 - 128.

Ding F, Ji BZ, Liu SW, *et al.* Foraging behavior of *Odontotermes formosanus* (Shiraki) (Isoptera: Termitidae) workers to the *Pinus massoniana* wood powder and the powder infected by brown rot fungus *Gloeophyllum trabeum* [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2015, 51 (6): 93 - 99. [丁芳, 嵇保中, 刘曙雯, 等. 黑翅土白蚁对松木粉及密粘褶菌腐木粉的觅食行为 [J]. 林业科学, 2015, 51 (6): 93 - 99]

Huang QY, Lei CL, Xue D. Food choice of the underground termite, *Odontotermes formosanus* [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2005, 41 (5): 91 - 95. [黄求应, 雷朝亮, 薛东. 黑翅土白蚁的食物选择性研究 [J]. 林业科学, 2005, 41 (5): 91 - 95]

Hu Y, Yu BT, Yin XJ, *et al.* Advance in the development of attractive lignocelluloses materials of termite in China [J]. *Chin. J. Hyg. Insect & Equip.*, 2018, 24 (4): 396 - 399. [胡寅, 于保庭, 殷学杰, 等. 我国白蚁饵料研究进展 [J]. 中华卫生杀虫药械, 2018, 24 (4): 396 - 399]

Li QJ, Zhong JH, Liu B. Effect of wood - decayed fungi on feeding preference of *Coptotermes formosanus* Shiraki (Isoptera: Rhinotermitidae) [J]. *Natural Enemies of Insects*, 2007, 29 (3): 113 - 117. [李秋剑, 钟俊鸿, 刘炳荣. 木腐菌对台湾乳白蚁取食偏好性的影响 [J]. 昆虫天敌, 2007, 29 (3): 113 - 117]

Lin Y. The research development of termite prevention and elimination in China [J]. *Chin. J. Hyg. Insect & Equip.*, 2015, 21 (6): 537 - 544. [林雁. 我国白蚁防治的研究进展 [J]. 中华卫生杀虫药械, 2015, 21 (6): 537 - 544]

Swoboda LE, Miller DM, Fell RJ, *et al.* The effect of nutrient compounds (sugars and amino-acids) on bait consumption by *Reticulitermes* spp. (Isoptera: Rhinotermitidae) [J]. *Sociobiology*, 2004, 44 (3): 547 - 563.

Zhang XW, Zhou L, Jiang AM, *et al.* Properties of food gum and its application on food [J]. *Food & Machinery*, 2011, 27 (1): 166 - 169. [张献伟, 周梁, 蒋爱民, 等. 食品胶特性及其在食品中应用 [J]. 食品与机械, 2011, 27 (1): 166 - 169]